Appel, O
H89

Überreicht vom Verfasser.

Sonder-Abdruck

aus den

Berichten

der

Deutschen Botanischen Gesellschaft

IMPERIAL BUREAU OF MYCOLOGY
21 JUN 1926

BERLIN

GEBRÜDER BORNTRÆGER

W 35, SCHÖNEBERGER UFER 12a.

1910

Sonderabdruck aus den Berichten der Deutschen Botanischen Gesellschaft
Jahrgang 1909, Band XXVII, Heft 10.

77. Otto Appel: Theorie und Praxis der Bekämpfung von Ustilago tritici und Ustilago nuda.

(Eingegangen am 30. Dezember 1909.)

Das Bestreben, den Brand des Getreides, der häufig ganz bedeutende Schädigungen hervorruft, zu bekämpfen, ist schon sehr alt. Von der Erfahrung ausgehend, daß der Brandkeim mit dem Saatgut auf das Feld gebracht wird, hat man schon früh angefangen, das Saatgut zu beizen, d. h. es kürzere oder längere Zeit mit Flüssigkeiten in Berührung zu bringen, von denen man empirisch gefunden hatte, daß sie die Krankheitskeime abzutöten imstande sind. Zuerst benutzte man hauptsächlich Kochsalzlösung, Aschenlauge und Jauche. PREVOST[1]) beobachtete dann, daß *Tilletia*sporen, die in gewöhnlichem Wasser gut keimten, in Wasser, das in kupfernen Gefäßen abgekocht war, diese Eigenschaft verloren; daraus schloß er, daß Kupfer fungicide Eigenschaften haben müsse und bewies dies durch eine Reihe von Experimenten.

Durch die ausgedehnten Versuche KÜHNs[2]) fand dann das Kupfervitriol seinen Eingang in die landwirtschaftliche Praxis und kann heute wohl als das verbreitetste Mittel zur Bekämpfung des Weizensteinbrandes gelten. Ihm gesellten sich dann als weitere sicherwirkende Mittel das heiße Wasser, dessen Anwendungsweise JENSEN[3]) zeigte, die Formaldehydlösung, deren Anwendung auf Versuchen von GEUTHER[4]) beruht und die heiße Luft, deren Wirksamkeit APPEL[5]) nachwies, bei.

Der gute Erfolg, der mit diesen Mitteln gegen *Tilletia* erreicht wurde, führte zu einer Übertragung auch auf die Bekämpfung der übrigen Getreidebrandarten. Sehr bald stellte sich jedoch heraus, daß die Wirkung hier vielfach fehlschlug, ohne daß zunächst ein Grund dafür bekannt war. Den Flugbrand betrachtete man damals noch als von einer Art *Ustilago Carbo* hervorgerufen, und die Verhältnisse klärten sich erst dann, als man dazu gelangte, diese Sammelspecies in die Arten *Ustilago avenae Pers.*, *U. laevis* (*Kell. et Sw.*), *U. nuda* (*Jens.*) *Kell. et Sw.*, *U. hordei* (*Pers.*) *Kell. et Sw.* und *U. tritici* (*Pers.*) *Jens.* aufzuteilen. Das Studium der Biologie dieser einzelnen Pilze zeigte dann, daß die Sporen von *Ustilago*

1) Memoire sur la cause immediate etc. Montauban 1807.

2) Krankheiten der Kulturgewächse. 1859.

3) JENSEN, J L., Nye Undersøgelser or Forsøg over Kornsorternes Brand (Første Meddelelse) Markfrøkontorets Aarsberetning for 1887.

4) Ber. d. Pharm. Ges. Bd. V. 1895.

5) Flugbl. Nr. 26 der Biol. Abt. f. Land- u. Forstwirtschaft am K. Gesundheitsamt 1904.

avenae, *U. laevis* und *U. hordei* ähnlich wie die von *Tilletia* den Samen äußerlich anhaften und erst nach der Aussaat eine Keimlingsinfektion hervorrufen. Da auch erwiesen wurde, daß die angeführten Mittel die Sporen dieser *Ustilago*-Arten abtöten, konnte angenommen werden, daß sie auch als Bekämpfungsmittel im großen brauchbar seien[1]). Anders dagegen liegen die Verhältnisse für *Ustilago nuda* und *U. tritici*. Für diese beiden Arten hat BREFELD[2]) gefunden, daß die Infektion schon während der Blüte stattfindet und daß die Übertragung durch vegetative Organe des Pilzes, die im Innern des Samenkorns ruhen, vollzogen wird, eine Tatsache, zu der bald darauf HECKE[3]), die mikroskopischen Belege lieferte. Hieraus schloß BREFELD, daß es nicht möglich sei, den Pilz abzutöten, ohne gleichzeitig die Keimfähigkeit des Saatkornes mit zu zerstören.

Diese Ansicht wurde fast allgemein geteilt und es schien, als ob damit die Fortsetzung der Versuche, den Weizen- und Gerstenflugbrand durch Samenbehandlung zu bekämpfen, aussichtslos geworden wäre.

Nun hatte aber JENSEN schon bei der Bekanntgabe seines Heißwasserverfahrens für Hafer- und Gerstenflugbrand zwei verschiedene Methoden empfohlen, nämlich für den ersteren ein einfaches Eintauchen des Saatgutes in heißes Wasser, dem für letzteren eine Vorbehandlung mit kaltem Wasser vorausgehen sollte. Die erste Methode hatte sich also für eine Brandart erfolgreich erwiesen, die die Keimlinge infiziert, während die zweite Methode bei einer Art mit Blüteninfektion erfolgreich war. Da auch noch von anderer Seite günstig ausgefallene Versuche zur Bekämpfung des Flugbrandes der Gerste nach der zweiten JENSENschen Methode mitgeteilt worden waren[4]), schien es immerhin aussichtsreich, Versuche über die Bekämpfbarkeit der Brandarten mit Blüteninfektion von neuem in Angriff zu nehmen.

Um nun eine möglichst sichere Grundlage hierfür zu gewinnen, wurde zunächst die Biologie von *Ustilago tritici* und *Ustilago nuda*, sowie die Keimung von Weizen und Gerste nach verschiedenen Richtungen hin studiert. Dabei ergab sich, daß das Optimum der Keimung der Brandsporen bei einer Temperatur von etwa 23 bis 28° C liegt, daß bei dieser Temperatur die Keimung schon nach

---

1) APPEL und GASSNER, Der derzeitige Stand unserer Kenntnisse von den Flugbrandarten des Getreides. Mitt. aus der Kais. biolog. Anst. Heft 3, 1907.

2) Nachrichten aus dem Klub der Landwirte zu Berlin. 1903. S. 466. Jahrbuch der D. Landwirtschafts-Gesellschaft, Bd. XXII, 1907, S. 83.

3) Zeitschr. f. d. landw. Versuchswesen in Österreich 1904, N. 1. Ber. d. Deutsch. bot. Ges. Bd. XXIII, 1905.

4) MAMSHOLT, D., Landw. Presse 1900.

3—4 Stunden beginnt und in den nächsten Stunden sämtliche Sporen keimen.

Bei den Samen von Gerste und Weizen ist sowohl Keimungsoptimum als auch die Zeit bis zum Beginn der Keimung bei den einzelnen Sorten verschieden. In allen Fällen aber zeigte sich, daß das Samenkorn bis zu 12 und 15 Stunden der Einwirkung von Wasser ausgesetzt sein kann, ohne daß ihm ein darauf folgender Wasserentzug schadet.

Diese Beobachtungen an den Pilzen beziehen sich zunächst nur auf Sporen; es ist aber anzunehmen, daß der Brandpilz sich im Korn ebenfalls in einem Ruhezustand befindet, eine Ansicht, die neuerdings Lang [1]) mikroskopisch bestätigt hat. In diesem Stadium dürfte er sich bezüglich seiner Empfindlichkeit von den Sporen nicht wesentlich unterscheiden. Andererseits ist anzunehmen, daß er, durch Feuchtigkeit und Wärme angeregt, dieses Ruhestadium aufgibt und in ein empfindlicheres Wachstumsstadium übergeht. Da dies aber nach Analogie der Sporen schon nach einigen Stunden eintritt, beim Getreide aber das Aufgeben des Ruhestadiums längere Zeit in Anspruch nimmt, so muß es möglich sein, in der Zeit zwischen beginnendem Pilzwachstum und beginnender Keimung des Samens den Pilz mit einem Mittel abzutöten, das ihn im Innern des Kornes erreicht. Als ein solches Mittel erschien am aussichtsreichsten die Hitze, da sie verhältnismäßig leicht bis ins Innere des Korns eindringt und da schon solche Grade ausreichen, den Pilz abzutöten, die die Keimfähigkeit des Getreides noch nicht unbedingt schädigen müssen. Außerdem liegt in den Versuchen von Jensen mit heißem Wasser schon ein Hinweis auf ihre Anwendbarkeit.

Außer dem heißen Wasser kam noch weiter die trockene Hitze in Betracht. Es wurden daher zahlreiche Versuche im Laboratorium und in der Praxis gemacht, um die Anwendbarkeit dieser Methoden zu prüfen. Bei dem ersten Versuch wurde Wintergerste bei gewöhnlicher Temperatur, d. h. bei 10—15°, in Wasser eingeweicht und nach 4 Stunden ungefähr 10 Minuten in Wasser von 52—54° gebracht [2]). Der Erfolg war ein vollständiger; das mit diesem Saatgut besäte Feldstück zeigte nicht eine einzige Brandähre, während die Parallelstücke 15 pCt. Brandbefall aufwiesen. Da aber nicht alle Versuche gleichmäßig ausfielen, wurden die einzelnen in Betracht kommenden Faktoren getrennt untersucht, und zwar wurden besonders behandelt die Fragen nach der geeigneten Temperatur des Vorquellwassers, nach der Vorquelldauer, und nach der Dauer und Höhe der Hitzebehandlung. Als Hitzequelle wurde Wasser und trockene Luft benutzt. Bei den Labo-

1) Centralbl. f. Bakteriol Abt. II, XXV, 1909.

2) Appel und Riehm, Mitt. aus der K. Biol. Anst. Heft 6. 1908.

ratoriumsversuchen mit Wasser und einigen Versuchen in der Praxis wurde das Getreide einfach eingetaucht, bei einer größeren Zahl von Versuchen kam ein besonders zu diesem Zweck konstruierter Heißwasserapparat[1]) zur Verwendung, bei dem das heiße Wasser durch das Getreide gedrückt wird. Für die Anwendung der heißen Luft wurde ein kleiner Laboratoriumsapparat[2]) konstruiert, bei dem das Getreide in eine rotierende Trommel, die sich in einem regulierbaren Wärmeschrank befindet, gebracht wird. Für den Abzug der Feuchtigkeit sorgt ein Ventilator, der vorgewärmte Luft durch den Apparat saugt. Die großen Versuche in der Praxis wurden mit Trockenapparaten, wie sie in größeren Saatzüchtereien vorhanden sind, angestellt[3]).

Die Berücksichtigung der Temperatur beim Vorquellen ergab sich aus der Erwägung, daß durch das Vorquellen der Brand aus dem wenig empfindlichen Ruhestadium in ein empfindlicheres Wachstumsstadium übergeführt werden sollte. Ist diese Theorie richtig, so muß die günstigste Temperatur für das Vorquellen mit der optimalen Keimungs- bzw. Wachstumstemperatur zusammenfallen. Die ausgeführten Versuche bestätigten vollkommen diese Anschauung, wie das aus dem folgenden Beispiel mit Weizen hervorgeht:

Vorquelltemperatur:	1,5°	9°	18°	30°
Brandbefall:	4,6%	3,1%	1,1%	0%

Vorgequellt wurde 4 Stunden und darauf 20 Minuten bei einer Temperatur von 55—60° trocken erhitzt. Der Brandbefall des unbehandelten Saatguts betrug 4,9 pCt. Es war also bei der Temperatur, bei der das Wachstum des Brandes noch nicht eintritt, keine wesentliche Beeinflussung zu bemerken, bei 9°, einer Temperatur, bei welcher das Wachstum nur langsam vonstatten geht, genügte das vierstündige Vorquellen nicht, um einen genügenden Rückgang des Brandes hervorzurufen, während bei der dem Wachstumsoptimum schon nahekommenden Temperatur von 18° ein starker Rückgang des Brandbefalls eintrat, der sich bei 30° zum vollkommenen Erfolg steigerte.

Die mit demselben Saatgut angestellten Versuche über die Dauer des Vorquellens gestalteten sich folgendermaßen:

Dauer des Vorquellens:	2 Stunden,	4 Stunden,	6 Stunden,
Brandbefall:	2,7%	1,1%	0%

Die Vorquelltemperatur betrug bei diesen Versuchen 18°, die Nachbehandlung war die vorhin angegebene.

Die Höhe der Erhitzung war durch frühere Versuche festge-

---

1) Appel und Gassner, Ein neuer Apparat zur einfachen Durchführung der Heißwasserbehandlung des Saatgutes. Mitt. aus der K. Biol. Anst. Heft 3. 1907.

2) Appel und Riehm, Mitt. aus der K. Biol. Anst. Heft 8. 1909.

3) Appel, Deutsch Landw. Presse, 1908, Nr. 76. Appel, Illustr. Landw. Zeitung, 1909, Nr. 55.

stellt worden; die günstigsten Erfolge waren dabei bei Benutzung von heißem Wasser mit Temperaturen zwischen 50 und 54° erzielt worden. Bei Anwendung von heißer Luft muß die Temperatur je nach dem benutzten Apparat höher genommen werden, da das Verdunsten des Wassers der Hitze entgegenwirkt.

Die erforderliche Dauer der Erhitzung ist abhängig von der Vorbehandlung; es ergaben sich bei einem vierstündigen Vorquellen bei 18° und einer trockenen Nachbehandlung bei 55—60° z. B. folgende Zahlen:

Dauer der Erhitzung:	10 Minuten,	20 Minuten,	30 Minuten,
Brandbefall:	4,9%	1,1%	0,1%

Wurde zum Vorquellen Wasser von 30° benutzt, so war schon nach 20 Minuten kein Brand mehr vorhanden.

Die hier mitgeteilten Beispiele sind einer großen Zahl von Versuchen entnommen, die gleichartig ausgefallen sind; für Weizen- sowohl wie für Gerstenbrand haben sich dieselben Verhältnisse ergeben, nur ist im allgemeinen der Weizen etwas empfindlicher als die Gerste.

Dieses Verfahren unterscheidet sich von dem JENSENschen Heißwasserverfahren wesentlich dadurch, daß bei ihm, der Biologie von *Ustilago tritici* und *U. nuda* entsprechend, die Temperatur des Vorquellens verhältnismäßig hoch genommen wird und daß an Stelle des heißen Wassers auch heiße Luft zur Nachbehandlung benutzt werden kann.

Ebenso wesentlich wie die Versuche über die Abtötung des Brandes sind die Versuche über die Beeinflussung der Keimfähigkeit des Getreides durch das mitgeteilte Verfahren. Bei den zahlreichen exakt ausgeführten Laboratoriumsversuchen hat sich ergeben, daß gesundes, gut keimfähiges Saatgut, der angegebenen Behandlung unterworfen werden kann, ohne daß seine Keimfähigkeit besonders leidet. Auch die großen Versuche in der Praxis haben dies bestätigt. Wenn bei diesen Versuchen irgendwo eine Schädigung sich zeigte, so konnte fast jedesmal mit Sicherheit der Grund hierfür nachgewiesen werden. Als solche Gründe sind zu verzeichnen gewesen: schlechte Keimfähigkeit des Saatguts, Überschreitung irgendeiner der angegebenen Grenzen für die Behandlung, nicht genügend rasches Abkühlen nach der Heißwasserbehandlung, längeres Liegen des noch feuchten Getreides, u. a. m.

Somit ist erwiesen, daß eine sicher wirkende Bekämpfung des Gersten- und Weizenflugbrandes möglich ist, wenn man das Saatgut 4—6 Stunden bei einer Temperatur von 20—30° einweicht und dann entweder mit heißem Wasser von 50–54° oder mit heißer Luft, die einer gleichen Erwärmung des Saatgutes entspricht, behandelt.